

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-151516

(43)Date of publication of application : 16.06.1995

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01B 11/16

G01C 3/06

(21)Application number : 05-300232

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 30.11.1993

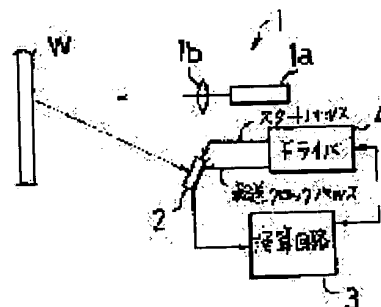
(72)Inventor : KAMEGAWA MASAYUKI

## (54) SPECKLE DISPLACEMENT GAUGE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a speckle displacement gauge, by which high speed phenomenon can be caught without increasing the processing speed of a circuit for calculating the cross correlation of signal processing, without wasting optical information which enters each channel of a one-dimensional image sensor, and without lowering the average signal intensity.

CONSTITUTION: In a device which is adapted to receive reflected light obtained by applying laser light to a sample W by a one-dimensional image sensor 2, guide the photoelectric transfer output to an arithmetic circuit 3 to obtain the travel of a speckle pattern, and obtain the displacement of the sample W, the scanning period of the one-dimensional image sensor 2 is made shorter than the scanning period of one frame determined by the number of channels and the transfer clock frequency.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

Best Available Copy

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-151516

(43) 公開日 平成7年(1995)6月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/00	G			
11/16	G			
G 0 1 C 3/06	A			

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-300232  
(22) 出願日 平成5年(1993)11月30日

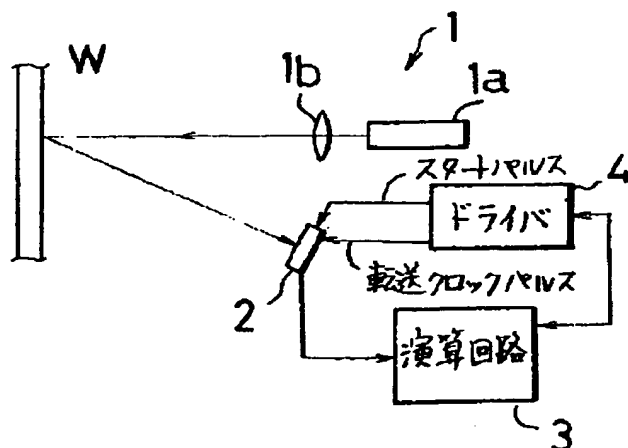
(71) 出願人 000001993  
株式会社島津製作所  
京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地  
(72) 発明者 亀川 正之  
京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地  
株式会社島津製作所三条工場内  
(74) 代理人 弁理士 西田 新

(54) 【発明の名称】 スペックル変位計

(57) 【要約】

【目的】 信号処理の相互相関を計算する回路の処理速度を上げることなく、1次元イメージセンサの各チャンネルに入った光情報を無駄にすることなく、また、平均信号強度を低下させることなく、より高速の現象を捕らえ得るスペックル変位計を提供する。

【構成】 試料Wにレーザ光を照射して得られる反射光を1次元イメージセンサ2で受光し、その光電変換出力を演算回路3に導いてスペックルパターンの移動量を求め、試料Wの変位量を得る装置において、1次元イメージセンサ2の走査周期 $\tau$ を、そのチャンネル数 $n$ と転送クロック周波数 $1/\tau$ で定まる1フレームの走査周期 $T$ よりも短い周期とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定試料にレーザ光を照射する照射光学系と、その光の被測定試料による反射光を刻々と受光する所定チャンネル数の1次元イメージセンサと、そのイメージセンサの出力を用いてスペックルパターンの移動量を求める演算回路を備え、そのスペックルパターンの移動量から被測定試料の変位量を得る変位計において、上記1次元イメージセンサが、当該1次元イメージセンサのチャンネル数と転送クロック周波数で定まる1フレームの走査周期よりも短い周期で走査されるよう構成されていることを特徴とするスペックル変位計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は被測定試料からの反射光のスペックルパターンの移動量から、その試料の変位や、あるいは歪み等を非接触で計測することのできる、いわゆるスペックル変位計に関する。

## 【0002】

【従来の技術】レーザ光等の干渉性のよい光を物体の表面に照射したときに得られるスペックルパターンを利用することにより、物体の微小な変位や変形量等を測定できることは古くから知られている。

【0003】このようなスペックルパターンを利用して、物体の所望方向への歪み量ないしは移動量を、非接触でしかもほぼリアルタイムで測定する方法が既に提案されている（例えば特公昭59-52963号、特公昭61-27681号等）。

【0004】これらの提案方法では、基本的には、物体の被測定部位にレーザビームを照射して得られる反射光を1次元のイメージセンサによって光電変換してスペックルパターンに応じた電気信号を得るようにするとともに、物体の変形前後、換言すれば所定の微小時間ごとの信号の相互相関関数を求めることにより、スペックルパターンの刻々の移動量を求め、これをもって物体の被測定部位の変位量としている。また、物体の同一点に対して表面法線を挟んで互いに対称な角度で2本のレーザビームを照射し、それぞれのビームが作るスペックルパターンの移動量の差を求め、あるいは、被測定部位に対して1本のレーザビームを照射してその反射光を2方向で観察し、各観察点で同様にして得られたスペックルパターンの移動量の差を求めることにより、物体の歪み量ないしは変形量を求めることができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、この種の計測において、より高速の現象を捕らえようすると、1次元イメージセンサのスキャンレートを上げる、つまり走査周期を短くすることが必要となる。一方、この種の計測ではリアルタイムでの計測が不可欠であるため、イメージセンサからの出力信号は直ちに相関の計算処理に用いられる必要があり、高速の現象の把握のためには信

号の相関を計算する回路、例えばA-D変換器を含むコンピュータシステム等の処理速度をも上げる必要がある。

【0006】従って、高速の現象を捕らえるべくイメージセンサのスキャンレートを上げて、その信号の相関を計算する回路に限界があって、その限界を越えてイメージセンサのスキャンレートを上げる場合、処理に用いるイメージセンサのチャンネル数を減らす必要が生じてくる。この場合、全チャンネルをスキャンしてからその一部のデータのみを利用するのでは他のチャンネルに入った情報を捨てることになるばかりでなく、露出時間も短くなることから平均信号強度も低下してしまうという問題がある。

【0007】すなわち、1次元イメージセンサにおいては、そのチャンネル数を $n$ とすると $n$ 個の画素とその画素数に対応する転送部である $n$ ビットのアナログシフトレジスタを持ち、スタートパルスによって各画素からの光電変換信号をそれぞれに対応するレジスタ内に一旦格納した後、転送クロックによって $n$ ビットシフトレジスタ内の情報をシリアルに取り出す、スタートパルスの発生周期、つまり走査周期の間に、通常は $n$ 回の転送クロックを発生させ、全チャンネル分の光電変換信号、つまり1フレーム分のデータを外部に取り出す。つまり、 $n$ チャンネルの1次元イメージセンサでは、その全チャンネルのデータを取り出すためには、転送クロック周期を $t$ （従って転送クロック周波数が $1/t$ ）としたとき、走査周期 $T$ は $n \times t$ となる。

【0008】今、例えば図4（A）に示すように、2000チャンネルの1次元イメージセンサを用い、転送クロックの周期が $1 \mu\text{sec}$ としたとき、スタートパルスの周期 $T$ は $2 \text{ msec}$ となり、フレームレートは $500 \text{ Hz}$ となる。この状態で相関を計算する回路の処理速度が限界であったとすると、より高速の現象を捕らえることを目的として、図4（B）に示すように転送クロックの周期 $t$ を $0.5 \mu\text{sec}$ としてフレームレートを $1 \text{ kHz}$ と2倍にしたとき、相関計算のための回路の処理速度の限界から、イメージセンサから得られる2000ポイントのデータのうち、1000ポイント分のデータしか処理できず、残った1000ポイント分のデータは捨てる必要があるとともに、イメージセンサの各画素の露光時間は半分となることから、信号の平均強度は $1/2$ となる。更に高速の現象を捕らえるべくフレームレートを $2 \text{ kHz}$ とする場合、図4（C）に示すように同様にして転送クロックの周期 $t$ が $0.25 \mu\text{sec}$ でスタートパルスの周期 $T$ が $500 \mu\text{sec}$ となり、この場合には処理に供されるデータは500ポイント分のみで1500ポイントのデータは捨てられ、信号の平均強度は $1/4$ に低下してしまうことになる。

【0009】本発明はこのような点に鑑みてなされたもので、信号の相互相関を計算する回路の処理速度を上げ

3

ることなく、また、1次元イメージセンサの各チャンネルに入った光情報を無駄にすることなく、しかも平均信号強度を低下させることなく、より高速の現象を捕らえることのできるスペックル変位計の提供を目的としている。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のスペックル変位計は、被測定試料Wにレーザ光を照射する照射光学系1と、その光の被測定試料Wによる反射光を刻々と受光する所定チャンネル数の1次元イメージセンサ2と、そのイメージセンサ2の出力を用いてスペックルパターンの移動量を求める演算回路3を備え、スペックルパターンの移動量から被測定試料の変位量を得る変位計において、1次元イメージセンサ2が、この1次元イメージセンサ2のチャンネル数 $n$ と転送クロック周波数 $1/t$ で定まる1フレームの走査周期 $T$ よりも短い周期 $\tau$ で走査されるよう構成されていることによって特徴づけられる。

#### 【0011】

【作用】前記したように、 $n$ チャンネルの1次元イメージセンサ2の全チャンネル分のデータすなわち1フレーム分のデータを取り出すためには、 $t \times n = T$ の走査周期が必要であるが、本発明では、図2に示すように1次元イメージセンサ2の走査周期 $\tau$ を例えば $T/2$ とする。この場合、1次元イメージセンサ2のシフトレジスタに蓄積された $n$ チャンネル分のデータの半分が転送しきれないうちに、次のフレームデータがシフトレジスタに蓄積され、先の走査時における後半のデータ( $C_4 \sim C_1$ )と次の走査時における前半のデータ( $C_8 \sim C_5$ )が加算されることになる。

【0012】イメージセンサを物体の形状等を知るために用いる場合は、このような使い方では像がオーバーラップしてしまうために十分な機能を発揮し得ない。しかし、スペックルパターンの移動量を求めるために1次元イメージセンサ2を用いる場合、スペックルパターンはランダムなパターンであるため、上記した加算後のデータ(例えば $C_4 + C_8$ )はランダム+ランダムであって、被測定試料Wの移動に伴いスペックルパターンが平行移動する性質はそのまま保存され、このようなデータの相互相関を計算することによってスペックルパターンの移動量の算出は十分に可能である。

【0013】そしてこの場合、相関を計算する演算回路3の処理速度の限界が $n$ 個のデータ処理に $T$ の時間を要するとしたとき、各チャンネルに入射した $n$ 個の光情報は、 $\tau$ 間に例えば $C_4 + C_8$ として $n/2$ 個のデータとして取り出されるため、 $T/2$ の間に全チャンネルのデータを用いた計算処理が可能となり、捨てられるデータはない。

【0014】また、 $\tau$ を $T/2$ とすることにより、各チャンネルの画素の露光時間は $1/2$ となるが、データは

4

2回分の露光の加算値として取り出されるから、信号の平均強度も低下することがない。

#### 【0015】

【実施例】図1は本発明実施例の全体構成を示す模式図である。被測定試料Wの被測定部位に、レーザ光源1aとレンズ1bとからなる照射光学系1からのレーザ光が照射される。このレーザ光の被測定試料Wからの反射光は、 $n$ チャンネルの1次元イメージセンサ2に観察される。1次元イメージセンサ2の出力は、A-D変換器を含み、かつ、コンピュータを主体とする演算回路3に採り込まれ、公知の演算によって各時点の信号間の相互相関が計算され、スペックルパターンの移動量、つまり被測定試料Wの被測定部位における変位量が求められる。

【0016】1次元イメージセンサ2は、ドライバ4からそのスタートパルスおよび転送クロックパルスが供給される。この例においてスタートパルスの周期 $\tau$ は、転送クロックの周波数 $1/t$ とチャンネル数 $n$ によって定まる通常の1フレーム分の走査周期 $T = t \times n$ の $1/2$ である。これにより、1次元イメージセンサ2からの出力は、周期 $\tau$ の間に、以下に示すように2つのチャンネル分の出力が加算されたものが $n/2$ 個だけ取り出され、演算回路3に供給されることになる。

【0017】図2は1次元イメージセンサ2の動作説明図である。1次元イメージセンサ2のチャンネル数 $n$ は実際には例えば2000程度であるが、この図においては説明の簡単化のために $n=8$ としている。従ってこの説明では、転送クロックパルスの周波数を $1/t$ (周期 $t$ )としたとき、走査周期すなわちスタートパルスの発生周期 $\tau$ は $4t$ である。

【0018】(A)に示すように、最初のスタートパルスが供給されと、光電変換部である $S_1 \sim S_8$ で示される8個の画素からの光電変換信号は、転送部であるCCDアナログシフトレジスタ2aの各対応領域に転送される。各画素 $S_1 \sim S_8$ からの光電変換信号(電荷量)を $C_1 \sim C_8$ で表すと、最初のスタートパルス発生によってシフトレジスタ2aの各領域には(A)に示すような電荷が蓄えられることになる。

【0019】転送クロックパルスは周期 $t$ で発生し、この転送クロックパルスが供給されるごとにシフトレジスタ2a内のデータ $C_1 \sim C_8$ がシフトされることになるが、最初のスタートパルスの発生後、時間 $4t$ が経過して4個の転送クロックパルスが供給された時点では、(B)に示すように、 $C_5 \sim C_8$ は外部にはきだされ、 $C_1 \sim C_4$ がシフトレジスタ2a内に残った状態となる。

【0020】そしてこの $4t$ が経過した時点で、次のスタートパルスが供給される。この2つ目のスタートパルスの供給により、シフトレジスタ2aには、(C)に示すように、先のスタートパルスによってシフトレジスタ2aに転送されたデータ $C_1 \sim C_4$ が残っている領域に

5

次のデータ $C_5 \sim C_8$ が転送されることになり、これらの領域では、それぞれ2つのスタートパルスの発生時点に転送された互いに異なる画素のデータの和、つまり $C_1 + C_5$ 、 $C_2 + C_6$ ……が格納された状態となる。

【0021】2つ目のスタートパルスの発生後に転送クロックパルスが供給されるごとに、(D)に示すように、シフトレジスタ2aからは $C_4 + C_8$ 、 $C_3 + C_7$ ……の順でデータが外部に取り出されて演算回路3に採り込まれていくことになる。

【0022】そして2つ目のスタートパルスの発生後、時間4 $t$ が経過して3つ目のスタートパルスが発生するまでの間に、以上のような2つのデータの和からなる $n/2$ 個のデータが演算回路3に採り込まれ、3つ目のスタートパルスの発生時点ではシフトレジスタ2aには再び(B)に示すようにその半分の領域に2つ目のスタートパルスで転送されたデータ $C_1 \sim C_4$ が残った状態となり、3つ目のスタートパルスの発生によって、2つ目の場合と同様に(C)に示すように先の走査によりシフトレジスタ2aに転送されたデータ $C_1 \sim C_4$ が残っている領域に次のデータ $C_5 \sim C_8$ が転送されることになる。

【0023】以上の動作を繰り返すことにより、2つ目のスタートパルスが供給された後には、シフトレジスタ2aからは常に前回と今回のスタートパルスによりシフトレジスタ2aに転送された、それぞれ互いに異なる画素 $S_1$ と $S_5$ 、 $S_2$ と $S_6$ 、 $S_3$ と $S_7$ および $S_4$ と $S_8$ からのデータの和、つまり $C_1 + C_5$ 、 $C_2 + C_6$ ……が取り出されることになる。

【0024】以上のような1次元イメージセンサ2の動作によれば、走査周期 $\tau$ の間にチャンネル数 $n$ の $1/2$ のデータが出力され、また、これらの個々のデータは2つのスタートパルスにより得られた2つの画素からのデータの和であって、言わば $n$ チャンネルの $n$ 個のデータが $n/2$ 個に凝集したものとなり、データ数は $n/2$ であるもののその内容は全チャンネル $n$ 個のデータが揃ったものとなる。

【0025】演算回路3は、従って、通常の1フレーム分のデータを処理する場合に比して処理すべきデータ数が $1/2$ となることから、1次元イメージセンサ2の走査周期 $\tau$ を、通常の $T$ から $1/2$ 、つまりスキャンレートを2倍にしても、もとの処理速度のもとに相関を計算することができる。しかも、その処理には $n$ 個の画素に入射した光情報の全てが用いられることになる。また、データの平均強度についても、走査周期を $1/2$ にしているために個々の画素からの信号( $C_1$ 、 $C_2$ ……)の平均強度は $1/2$ になるものの、2つの信号の和の形で取り出されるため、演算回路3にはもとの強度と同じ平均強度の信号が供給されることになる。

【0026】ここで、演算回路3には常に2つの画素からの光情報信号の和の形のデータが採り込まれ、2つの

6

画素に入射した光信号が重複した画像信号となってしまいが、これらのデータは撮像に供されるのではなく、ランダムパターンであるスペckルパターンの移動量を算出するために用いられるものであり、ランダム+ランダム=ランダムであることから、数画素分のデータを加算したものを用いてもその用途には全く問題はない。

【0027】以上の本発明実施例の適用により、例えば図3に示すように、1次元イメージセンサ2のチャンネル数 $n$ が2000で転送クロックパルスの周期 $t$ が $1\mu\text{sec}$ である場合、1フレーム分のデータを個々に用いる従来の動作方式では(A)に示すように走査周期 $T$ が2msecであったものを、上記した本発明実施例では(B)に示すようにスタートパルスの周期 $\tau$ のみを $T/2$ として、(A)の場合と同じ平均強度の信号を得るとともに、全チャンネルのデータが無駄なく用いられることになる。

【0028】なお、以上の実施例ではスタートパルスの周期 $\tau$ を $n \times t/2$ としたが、本発明はこれに限定されることがなく、 $\tau$ は $n \times t = T$ よりも短い任意の周期、好ましくは $n \times t$ の任意の整数分の1の周期とすることができる。例えば $\tau = n \times t/4$ とすることにより、更に高速の現象を捕らえることが可能となる。この場合、シフトレジスタ2aからは4個の画素からの信号の和の形でデータが取り出されることになり、この場合でも図3(C)に示すように信号の平均強度は(A)と同等のものとなり、しかも実質的に全チャンネルのデータが演算回路3による処理に供されることになる。ただし、 $\tau$ が $T$ に比して大幅に小さい場合、例えば数十個の画素からの信号の和の形でデータが取り出される場合には、全てのデータの差が少なくなり好ましくはない。

【0029】また、以上の実施例では一つのスペckルパターンの移動量を算出することによってレーザ光の照射部位の変位を求めたが、レーザ光の照射により得られる反射光を2つの位置で観察してそれぞれのスペckルパターンの移動量を求め、これらの差を求めることによって、被測定試料の変形ないしは歪み量を求める場合にも、個々のスペckルパターンの移動量の算出に際して本発明を全く同様に適用し得ることは勿論である。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、被測定試料にレーザ光を照射して得られる反射光を所定チャンネル数の1次元イメージセンサによって受光し、そのイメージセンサの出力を用いてスペckルパターンの移動量を求め、その移動量から被測定試料の変位量を得る変位計において、1次元イメージセンサの走査周期を、その1次元イメージセンサのチャンネル数と転送クロック周波数で定まる1フレームの走査周期よりも短い周期で走査するように構成したから、イメージセンサからの出力をデジタル化するA-D変換器を含めて、イメージセンサの出力の相互相関を計算する演算回路の処理

7

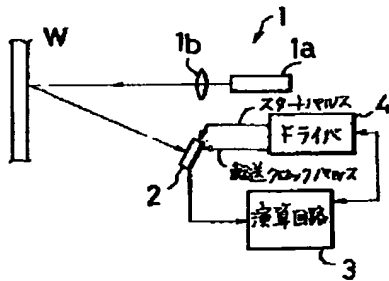
速度が一定であっても、全チャンネルに入射した光情報を用いて、かつ、その光電変換信号の平均強度を低下させるたたく、より高速の現象を捕らえることが可能となる。

【0031】また、相関計算処理回路は変位計としてのスピードの限界を決めないが、イメージセンサの方がその限界を決めてしまうような場合において、イメージセンサの最大許容転送クロック周波数で決まるフレームレートを越えて信号を採りたい場合にも、本発明は有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の構成を示す模式図

【図1】



8

【図2】その1次元イメージセンサ2の動作説明図

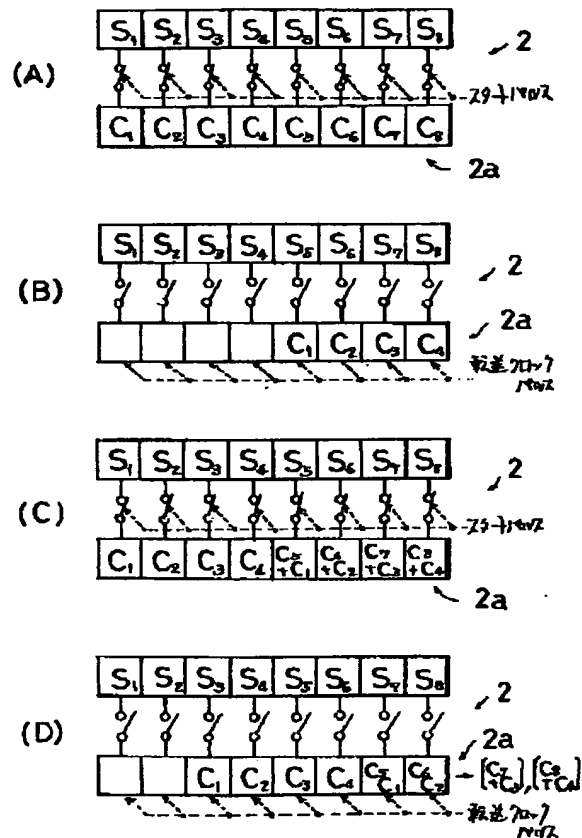
【図3】本発明実施例の作用説明図

【図4】従来のスペックル変位計でより高速の現象を捕らえようとするための対策とその問題点の説明図

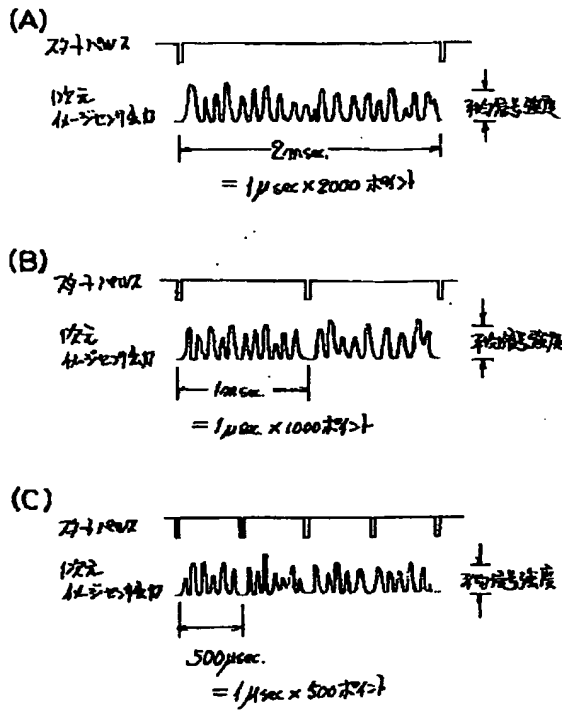
【符号の説明】

- 1 照射光学系
- 1 a レーザ光源
- 1 b レンズ
- 2 1次元イメージセンサ
- 10 2 a CCDアナログシフトレジスタ
- 3 演算回路
- 4 ドライバ

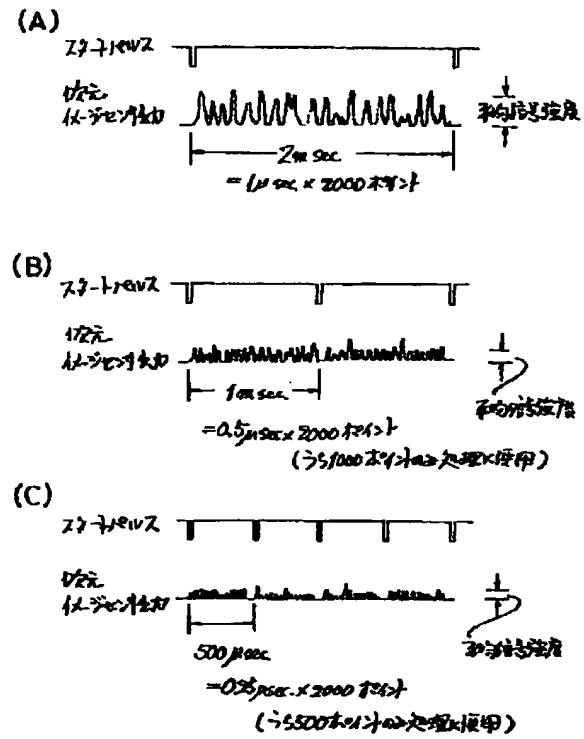
【図2】



【図3】



【図4】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**